台灣昆蟲 28: 277-291 (2008)
Formosan Entomol. 28: 277-291 (2008)

溫度對底比斯釉小蜂 (*Chrysocharis pentheus* (Walker)) (膜翅目：釉小蜂科) 族群增長與致死寄主能力之影響

錢景秦 [1*]、張淑貞 [1]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組　臺中縣霧峰鄉中正路 189 號

摘　　要

底比斯釉小蜂 (*Chrysocharis pentheus* (Walker)) 為臺灣地區蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 之優勢寄生蜂。為瞭解該蜂對蔬菜斑潛蠅生物防治之利用，本文探討溫度 (10～35℃) 對底比斯釉小蜂族群增長與致死寄主能力之影響。結果得知，該蜂之發育適溫帶為 10 至 35℃，其間卵至蛹期之存活率為 46.1～95.5%，發育日數為 10.7～74.9 日。卵至蛹期之發育臨界低溫為 6.4℃；卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹期之發育有效積溫，各為 25、78、9、178 及 282 日度。於定溫情況，每日供應 40～50 隻蔬菜斑潛蠅第三齡幼蟲寄主時，該蜂致死寄主總數在 10、15～25、30 及 35℃ 時，各為 0、346～446、8 及 1 隻。但將 25℃ 定溫下發育之成蜂，分別移至 30 與 35℃ 時，該蜂致死寄主總數各為 354 與 55 隻。該蜂餵食純蜂蜜，25℃ 時族群增長最快，雌蜂每日產雌性有活力卵數之內在增殖率 (r_m) 為 0.2177，淨增殖率 (R_0) 為 115.2 粒。在 15～35℃ 定溫、每日僅以純蜂蜜餵食，雌、雄蜂壽命隨溫度之上升而縮短，呈顯著之線性迴歸關係，雌、雄蜂壽命之最大估計值，各為 15℃ 時之 65.0 與 44.9 日。在 10～35℃ 定溫、每日同時供應寄主與純蜂蜜時，雌、雄蜂壽命與溫度呈顯著之二次迴歸關係，雌、雄蜂壽命之最大估計值，各為 20.8℃ 時之 26.2 日與 20.9℃ 時之 15.2 日。

關鍵詞：底比斯釉小蜂、蔬菜斑潛蠅、溫度、生命表、致死寄主能力。

前　　言

底比斯釉小蜂 (*Chrysocharis pentheus* (Walker)) 屬膜翅目 (Hymenoptera)、釉小蜂科 (Eulophidae)。分布於北美、歐洲、中東及亞洲等地 (Chien and Chang, 2008)。多

*論文聯繫人
e-mail: chien@tari.gov.tw

食性，寄主範圍包括雙翅目、鱗翅目、鞘翅目及膜翅目等 178 種以上 (Chien and Chang, 2008)。該蜂在臺灣與中國，爲蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 之田間優勢寄生蜂 (Zeng *et al*., 1999; Liang *et al*., 2001; Zhan *et al*., 2002; Zhao *et al*., 2003; Cai *et al*., 2005; Ren *et al*., 2006; Chien and Chang, unpublished data)；在日本爲非洲菊斑潛蠅 (*Liriomyza trifolii* (Burgess))、毛茛潛葉蠅 (*Phytomyza ranunculi* Schrank)、食蜜潛葉蠅 (*Chromatomyia lonicerae* (Robineau-Desvoidy))、桃潛葉蛾 (*Lyonetia clerkella* (L.)) 及柑桔潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella* Stainton) 等之田間優勢或重要寄生蜂 (Sugimoto and Masaki, 1979; Sugimoto *et al*., 1982; Kato, 1984; Togashi, 1988; Ikeda, 1996; Adachi, 1998; Arakaki and Kinjo, 1998; Mafi and Ohbayashi, 2004, 2006; Hondo *et al*., 2006)。底比斯釉小蜂之產卵溫度範圍估測在 14.4～30.3℃ (Sugimoto *et al*., 1982)。該蜂在日本之毛茛潛葉蠅上，卵至蛹期之發育臨界低溫與有效積溫，各爲 7.6℃ 與 273.7 日度 (Sugimoto *et al*., 1982)；15～30℃ 時，在中國之蔬菜斑潛蠅上，淨增殖率 (R_0) 爲 26.5～37.1 粒卵 (Zhan *et al*., 2002)。爲深入瞭解在臺灣地區蔬菜斑潛蠅上，溫度對底比斯釉小蜂之發育、齡別生命表、致死寄主能力及壽命等之影響，乃進行本試驗，冀能提供該蜂繁殖技術與應用之參考。

材料與方法

供試寄主植物、寄主昆蟲及寄生蜂之繁殖

本試驗所用之寄主蔬菜斑潛蠅蟲源、寄主植物菜豆 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 苗及寄主蔬菜斑潛蠅之繁殖方法，如 Chien and Ku (1996) 所述。底比斯釉小蜂之蟲源與繁殖方法，則如 Chien and Ku (2001) 所述。即以帶有第三齡蔬菜斑潛蠅幼蟲潛食之罐插菜豆苗，繁殖底比斯釉小蜂。

寄生蜂寄生致死寄主與取食致死寄主之區分

本試驗中，區分寄主幼蟲被底比斯釉小蜂寄生或取食後之致死徵狀，係依 Chien and Chang (2008) 所述。被寄生者體黃色、外形鬆馳拉長但仍保持原來之飽滿、消化管內無暗綠色之內容物、呈深度麻痺狀態；被取食者體黃褐色、外形伸長體扁且萎縮、消化管內仍殘留有暗綠色之內容物、傷口處留有乾涸之體液。

一、溫度對發育之影響

將帶有 2 小時或 24 小時同齡蜂卵 (23～47 粒) 之罐插菜豆苗，各放入 10、15、20、25、30 及 35℃ 之定溫箱內。2 小時同齡蜂卵之處理組，每日觀察溫度對該蜂各蟲期存活率與發育日數之影響，並在近各蟲期變化或齡期蛻皮之際，每小時記錄該蜂之發育情形。24 小時同齡蜂卵之處理組，則觀察在不同溫度處理下，卵發育至蛹期之發育日數與存活率。其中存活率試驗，每處理觀察 25～35 粒卵，各做 3 重複；發育期試驗各觀察 20～47 隻不等。並依 Campbell *et al*. (1974) 之方法，估算該蜂之發育臨界低溫與發育有效積溫。

二、溫度對壽命、生育力、族群增長及致死寄主能力之影響

利用前項中，底比斯釉小蜂卵在 10、15、20、25、30 及 35℃ 六種不同定溫下，正常發育交尾後 0 日齡之成蜂，各取 1 對釋入直徑 12 cm、高 21 cm 之玻璃筒，並供應 1 株內有 40～50 隻第三齡寄主幼蟲潛食之罐插

菜豆苗，然後再放回原定溫箱內。每日早上 7 點，將已被寄生、或取食寄主之菜豆苗移出，更換 1 株新鮮帶有寄主之菜豆苗，並以細毛筆將未稀釋純蜂蜜塗於玻璃筒內壁，直至雌蜂死亡爲止。試驗期間，每日將各處理所更換下內有被寄生、或取食寄主之菜豆苗，移至 25℃ 下飼育，直至子代羽化。記錄各處理 1 對成蜂之壽命，並依 Chien and Ku (2001) 之方法，於接蜂後次晨，利用透光法，計數雌蜂對寄主幼蟲之致死總數 (寄生致死數 + 取食致死數)，7 日後，再分別記錄雌蜂對寄主幼蟲之寄生數 (寄生蜂蛹數) 與取食寄主數 (致死寄主總數－寄生蜂蛹數)，待寄生蜂羽化後，再記錄雌蜂與雄蜂數及雌性比〔雌蜂數 ÷ (雌蜂數 + 雄蜂數)〕。每處理各進行 5～11 重複。然後將前項底比斯釉小蜂於 24 小時內產下之同齡蜂卵，在各不同溫度處理中之發育期與存活率資料，及本項試驗所得之資料，利用 Lotka-Euler formula 之方法 (Goodman, 1982)，估算該蜂在各不同定溫下之族群介量，如內在增殖率 (intrinsic rate of increase, r_m)、終極增殖率 (finite rate of increase, λ)、淨增殖率 (net reproductive rate, R_0) 及平均世代時間 (mean generation, T) 等。

三、高溫對 25℃下繁殖釉小蜂生育力與致死寄主能力之影響

將在 25℃ 下繁殖之 0 日齡 1 對成蜂，分別釋入直徑 12 cm、高 21 cm 之玻璃筒，移至 30 與 35℃ 下，然後測試高溫對底比斯釉小蜂壽命、生育力及致死寄主能力之影響，期間供試寄主與檢視試驗結果之方法，與前第二項相同。各進行 10 與 7 重複。

四、溫度與食物對成蜂壽命之影響

探討溫度 (15～35℃) 與食物 (純蜂蜜、寄主與純蜂蜜、水) 對底比斯釉小蜂壽命之影響。純蜂蜜與水之處理組，係將於 25℃ 下初羽化之 10 對成蜂，釋入直徑 3 cm、高 10 cm 之玻璃管，每日以細毛筆塗畫於玻璃管內壁之方式，餵以純蜂蜜或水，另設一不餵食任何食物之對照組。其中餵食純蜂蜜之處理組，係將成蜂各放入 15、20、25、30 及 35℃ 等不同溫度之定溫箱，而餵食水、或不餵食任何食物之對照組，則將成蜂放入 25℃ 定溫箱，每日記錄成蜂之壽命，每處理各進行 4～5 重複。餵食寄主與純蜂蜜之處理組，則利用前第二項之資料，測試在上述五種不同溫度下，每日同時供應寄主與純蜂蜜情況時，記錄成蜂之壽命。

五、統計分析

各項試驗資料利用 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 軟體先進行變方分析，再以最小顯著差 (LSD) 法，或 t 值測試法檢測，採 $p < 0.05$ 顯著水準比較處理間之差異。另利用迴歸分析法顯示寄生蜂之各測試項目 ($\hat{y}$)，如各蟲期發育速率、雌蜂與雄蜂之壽命，與溫度 (x) 之關係，並採 $p < 0.01$ 之顯著水準進行迴歸之變異數分析。若二者之關係非線性迴歸時，則以二次曲線迴歸呈現，並求其最大值。

結　　果

一、溫度對發育之影響

在 10～35℃ 定溫下，底比斯釉小蜂卵發育至蛹期之存活率受溫度影響 (表一)。該蜂發育之最適溫度帶爲 15 至 35℃，各溫度下卵、幼蟲、前蛹及蛹期之存活率均高於 91.7%。至於 10℃ 時，其卵期、幼蟲期及前蛹期之存活率，雖仍均高於 90.8%，但蛹

表一　不同定溫下底比斯釉小蜂各未成熟期之存活率

Table 1. Survival rate ($\bar{X}$ ± SEM) (%) of each immature stage of *Chrysocharis pentheus* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Egg-pupa
10	98.7 ± 1.9	90.8 ± 9.2	100	56.3 ± 2.7	46.1 ± 5.6
15	99.5 ± 0.5	100	100	91.7 ± 1.5	91.3 ± 1.6
20	100	100	100	92.1 ± 2.6	92.1 ± 2.6
25	98.8 ± 1.3	99.3 ± 0.8	98.8 ± 1.2	98.8 ± 1.3	95.5 ± 2.1
30	97.9 ± 1.6	99.6 ± 0.4	99.6 ± 0.4	96.6 ± 1.6	92.9 ± 1.1
35	100	100	100	94.5 ± 2.7	94.5 ± 2.7

1) With 25-35 eggs per treatment, three replicates.

表二　不同定溫下底比斯釉小蜂各未成熟期之發育日數

Table 2. Duration (days) of each immature stage of *Chrysocharis pentheus* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Egg		Larva		Prepupa		Pupa		Egg-pupa	
	n	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM	*n*	$\bar{X}$ ± SEM
10	37	9.0 ± 0.0	36	25.3 ± 2.9	32	11.9 ± 2.9	32	28.7 ± 0.9	23	74.9 ± 0.6
15	26	5.7 ± 0.0	26	10.7 ± 0.1	26	1.6 ± 0.1	24	20.5 ± 0.3	23	38.5 ± 0.3
20	27	2.7 ± 0.0	27	7.8 ± 0.2	27	0.8 ± 0.2	25	11.0 ± 0.2	25	22.3 ± 0.2
25	23	1.4 ± 0.0	23	4.3 ± 0.1	23	0.7 ± 0.1	20	6.8 ± 0.1	20	13.2 ± 0.1
30	47	1.1 ± 0.0	47	3.2 ± 0.0	47	0.5 ± 0.0	47	6.4 ± 0.1	46	11.2 ± 0.1
35	25	1.0 ± 0.0	25	3.0 ± 0.1	24	0.3 ± 0.1	24	6.4 ± 0.1	24	10.7 ± 0.1

期之存活率卻降為 56.3%。在 10～35℃ 間，底比斯釉小蜂未成熟期之發育日數，均隨溫度之升高而縮短 (表二)，該蜂各生長期之發育速率與溫度，呈極顯著之線性迴歸關係 (表三)。卵、幼蟲、前蛹、蛹及卵至蛹等蟲期之發育臨界低溫，各為 8.8、7.6、10.1、3.7 及 6.4℃；發育有效積溫各為 25、78、9、178 及 282 日度 (表三)。

二、溫度對族群增長與致死寄主能力之影響

壽命：雌蜂壽命在 20℃ 時為 33.6 日，15 與 25℃ 時為 21.8～26.6 日，10、30 及 35℃ 時為 4.1～7.8 日，處理間呈顯著差異 (表四)。雄蜂壽命在 15～25℃ 時為 13.5～16.0 日，10、30 及 35℃ 時為 3.1～7.0 日，處理間呈顯著差異 (表四)。在相同溫度下，除在 10、30 及 35℃ 時，雌、雄蜂壽命間無顯著差異外，其餘各處理組，雌蜂壽命均顯著較雄蜂長 (表四)，達 1.4～2.1 倍。

產卵：每雌一生產有活力卵數，在 20 與 25℃ 時各為 270 與 243 粒，15℃ 時為 169 粒，10、30 及 35℃ 時僅為 0～4 粒，處理間呈顯著差異 (表四)。日產卵型式受溫度影響 (圖一)。10 與 35℃ 下，雌蜂一生均無產卵；15℃ 下，雌蜂無產卵前期，產卵期雖長達 67 日，但每日產有活力卵數僅 0～10.6 粒，產卵後期為 1 日；20 與 25℃ 下，雌蜂既無產卵前期，亦無產卵後期，兩者產卵期各為 41 與 30 日，每日產有活力卵數相近，各為 0～17.2 與 0～14.7 粒；30℃ 時，雌蜂產卵前期為 3 日，產卵期與每日產有活力卵數，各縮減為 6 日與 0～2.3 粒，產卵後期為 3 日。

表三　底比斯釉小蜂各發育期之發育速率對溫度之線性迴歸方程式、發育臨界低溫及有效積溫

Table 3. Linear regression equations (y = developmental rate, x = temperature), lower developmental thresholds (°C), and thermal summation (degree-day) for the different life stages of *Chrysocharis pentheus*

Stage	Regression equation[1)]	R^2	T_o ($\bar{X}$ ± SEM)[2)]	DD ($\bar{X}$ ± SEM)[2)]
Egg	$y = 0.0399x - 0.3523$	0.9644	8.8 ± 0.8	25 ± 2
Larva	$y = 0.0127x - 0.0968$	0.9717	7.6 ± 0.7	78 ± 7
Prepupa	$y = 0.1174x - 1.1886$	0.9373	10.1 ± 1.1	9 ± 1
Pupa	$y = 0.0056x - 0.0206$	0.907	3.7 ± 1.4	178 ± 28
Egg to pupa	$y = 0.0035x - 0.0227$	0.9597	6.4 ± 0.9	282 ± 28

1) Tested temperature range was 10-35°C. Regression equation for relationships where $p < 0.01$.

2) Estimated according to Campbell *et al.* (1974). R^2: coefficient of determination. T_o: the lower developmental threshold. DD: thermal summation in degree-day.

表四　不同溫度下底比斯釉小蜂之壽命、生殖力及致死寄主能力 1)

Table 4. Longevity, fecundity and host-killing capability ($\bar{X}$ ± SEM) of *Chrysocharis pentheus* at various temperatures[1)]

Temp. (°C)	n	Longevity (d)		Fecundity		No. hosts killed/female			
		Female	Male	No. adults	Female proportion	Parasitized	Host-feeding	Total	Parasitized/host-feeding
10	6	7.7 ± 1.2[2)]Acd	7.0 ± 1.1Ab	0c	-	0c	0c	0b	-
15	7	26.6 ± 2.5Ab	13.5 ± 1.2Ba	154 ± 30b	0.32 ± 0.03cd	169 ± 33b	177 ± 33a	346 ± 64a	1.0 ± 0.1d
20	5	33.6 ± 2.9Aa	16.0 ± 1.5Ba	252 ± 28a	0.34 ± 0.06c	270 ± 32a	176 ± 25a	446 ± 45a	1.6 ± 0.2bc
25	11	21.8 ± 1.3Ab	15.6 ± 1.9Ba	220 ± 32a	0.50 ± 0.03b	243 ± 35a	136 ± 23ab	358 ± 48a	2.0 ± 0.2ab
30	6	7.8 ± 1.1Acd	6.2 ± 1.2Ab	4 ± 2c	0.17 ± 0.10d	4 ± 2c	4 ± 2c	8 ± 4b	0.9 ± 0.0cd
35	8	4.1 ± 0.5Ad	3.1 ± 0.5Ab	0c	-	0c	1 ± 1c	1 ± 1b	-
25→30[3)]	10	25.1 ± 2.9Ab	17.6 ± 2.9Aa	219 ± 26ab	0.54 ± 0.02ab	239 ± 27ab	115 ± 16b	354 ± 42a	2.2 ± 0.1a
25→35[3)]	7	10.6 ± 0.9Ac	5.6 ± 1.0Bb	28 ± 7c	0.63 ± 0.06a	31 ± 7c	24 ± 4c	55 ± 11b	1.0 ± 0.2d

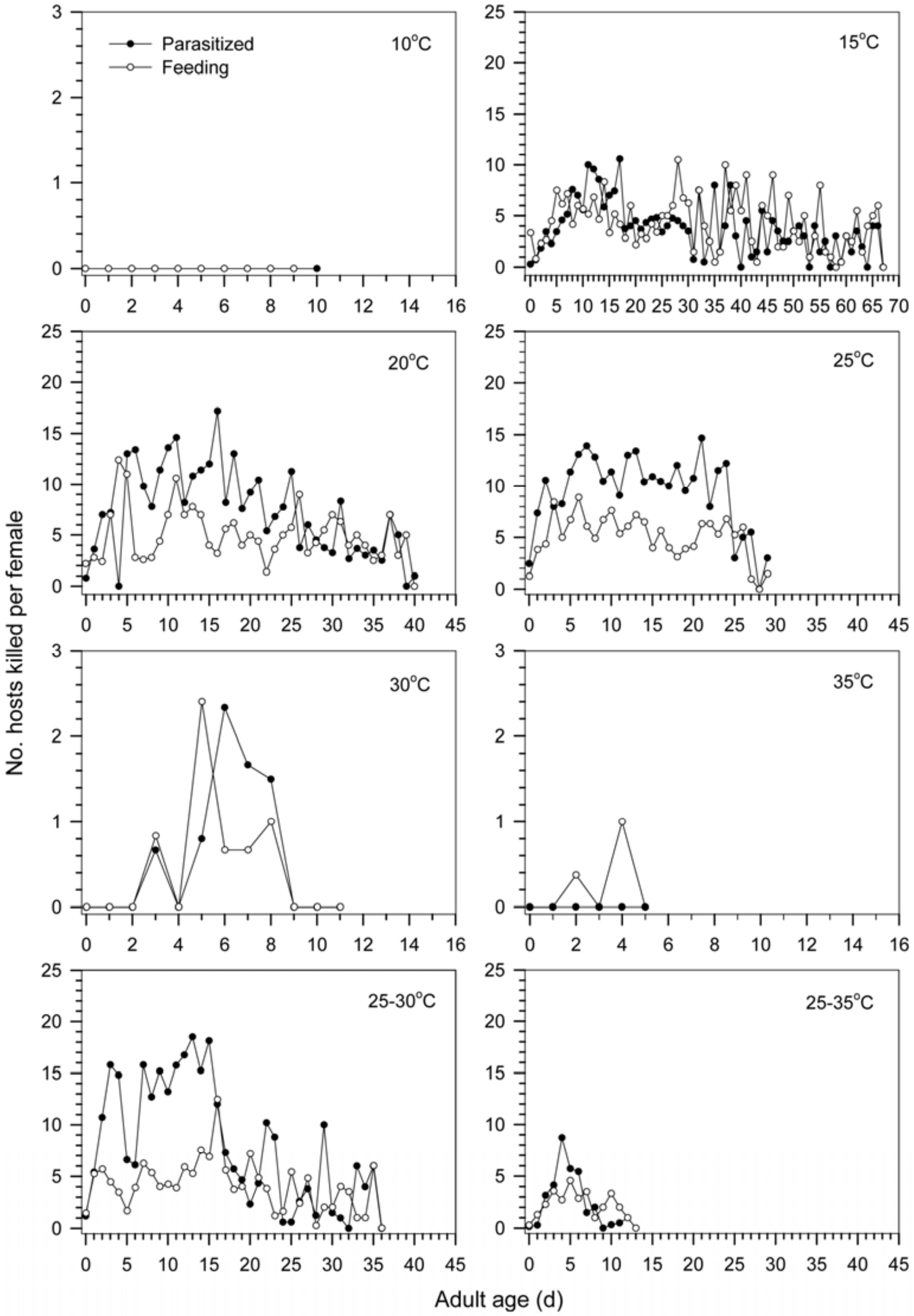
1) One pair of adults was provided daily with 40-50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey and reared at a given temperature with a photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH.

2) Means of longevity followed by the same uppercase letter denote there are no significant differences between sexes ($p < 0.05$, t-test). Means within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different ($p < 0.05$, LSD).

3) Reared and emerged at 25°C, then transferred to 30 or 35°C for oviposition and feeding.

取食：每雌一生取食寄主數，在 15～25℃ 時高達 136～177 隻，10、30 及 35℃ 時僅爲 0～4 隻，處理間呈顯著差異 (表四)。日取食型式受溫度影響 (圖一)。在 10℃ 下，雌蜂一生均無取食寄主；15℃下，雌蜂無取食前期，取食期雖長達 67 日，但每日取食寄主數爲 0～10.5 隻，取食後期爲 1 日；20 與 25℃ 下，雌蜂無取食前期，兩者取食期各縮短爲 40 與 30 日，每日取食寄主數各爲 1.4～12.4 與 0～8.9 隻，取食後期各爲 1 與 0 日；在 30 與 35℃ 時，雌蜂取食前期各爲 3 與 2 日，取食期各大幅縮短爲 6 與 3 日，每日取食寄主數亦各銳減爲 0～2.4 與 0～1 隻，取食後期各爲 3 與 1 日。

寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比値：雌蜂寄生致死寄主數與取食致死寄主數之



圖一　底比斯釉小蜂在不同溫度下各日齡之寄生與取食寄主型式。

Fig. 1. Daily parasitization and host feeding patterns of *Chrysocharis pentheus* at various temperatures (25-30°C and 25-35°C: wasps reared and emerged at 25°C, then transferred to 30 or 35°C for oviposition and feeding).

表五　不同定溫下底比斯釉小蜂之族群介量 [1,2]

Table 5. Population parameters[1,2] of *Chrysocharis pentheus* at various constant temperatures

Temp. (℃)	r_m	λ	R_0	T
15	0.0708	1.073	49.6	55.1
20	0.1285	1.137	93.6	35.3
25	0.2177	1.243	115.2	21.8
30	－0.0260	0.974	0.630	17.8

1) r_m: intrinsic rate of increase (d^{-1}). λ: finite rate of increase (d^{-1}). R_0: net reproduction rate (viable female eggs/female). T: mean generation time (d).

2) For the calculation of the population parameters, the number of eggs that survived to pupae was used as the age-specific number.

比值，在 20 與 25℃ 時各達 1.6 與 2.0，而15 與 30℃ 時各達1.0 與 0.9，其中 25℃ 處理組與 15 或 30℃ 處理組間呈顯著差異 (表四)。

致死寄主能力：每雌一生致死寄主數，在 15～25℃ 時高達 346～446 隻，10、30 及 35℃ 時僅爲 0～8 隻，處理間呈顯著差異 (表四)。

子蜂數：每雌一生產子蜂數，在 20 與 25℃ 時各高達 252 與 220 隻，15℃ 時爲 154 隻，10、30 及 35℃ 時僅爲 0～4 隻，處理間呈顯著差異 (表四)。

子代雌性比：子代雌性比在 25℃ 下爲 0.50，15、20 及 30℃ 時爲 0.17～0.34，其中 25℃ 處理組與其他處理組間呈顯著差異 (表四)。

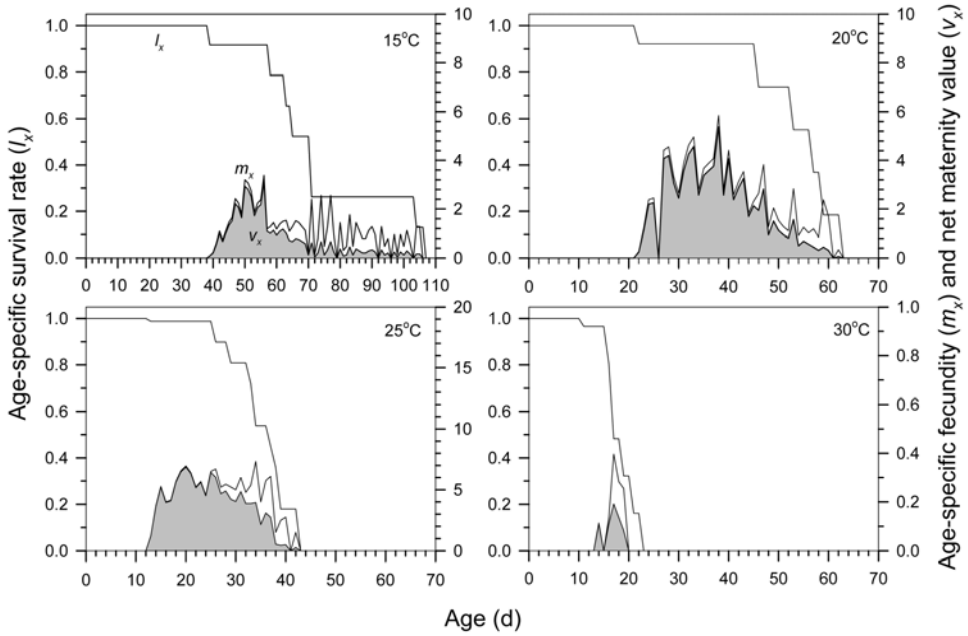
齡別生命表：在 15～25℃ 定溫時，底比斯釉小蜂之族群增長隨溫度之上升而增加，因此若就其每日雌性有活力卵數之內在增殖率觀之，25℃ 爲該蜂族群增長最快之溫度，但在 30℃ 定溫時，該蜂之內在增殖率卻呈負成長 (表五)。該蜂之齡別存活率 (l_x)、齡別淨增殖值 (v_x) 及齡別繁殖率 (m_x) 等雖與溫度有關，但就齡別存活率之曲線型式而言，在 15～30℃ 各處理組間均相似；而後三者之曲線型式，則在 20 與 25℃ 處理組間相似，而與 15 與 30℃ 處理組不同 (圖二)。

三、高溫對 25℃ 下繁殖釉小蜂壽命、生育力及致死寄主能力之影響

底比斯釉小蜂在 25℃ 下繁殖之初羽化成蜂，若移至 30 與 35℃ 高溫下、每日供應寄主與純蜂蜜時，其中 30℃ 處理組，不論成蜂壽命、子蜂數、寄生致死寄主數、取食致死寄主數、致死寄主總數、及寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值等，均顯著優於 35℃ 處理組，僅子代雌性比，兩處理組間無顯著差異 (表四)。與前第二項試驗結果比較時，顯示 30 與 35℃ 定溫，雖不利於底比斯釉小蜂之繁殖與致死寄主能力，但在 25℃ 下發育之雌蜂，其繁殖與致死寄主能力卻不受 30℃ 高溫之影響 (表四)，同時其日產卵與取食寄主型式與 25℃ 定溫者相似 (圖一)。

四、溫度與食物對成蜂壽命之影響

溫度與食物對成蜂壽命影響甚大。在 15～35℃ 定溫、每日僅以純蜂蜜餵食，雌、雄蜂壽命均隨溫度之上升而縮短，呈顯著之線性迴歸關係，雌、雄蜂壽命之最大估計值，各爲 15℃ 時之 65.0 與 44.9 日 (圖三 A)。在 10～35℃ 定溫、每日同時供應寄主與純蜂蜜時，雌、雄蜂壽命則與溫度呈顯著之二次迴歸



圖二　底比斯釉小蜂在不同定溫下之齡別存活率 (l_x)、齡別繁殖率 (m_x) 及齡別淨增殖值 ($v_x = l_x m_x$)。

Fig. 2.　Age-specific survival rate (l_x), fecundity (m_x) and net maternity value ($v_x = l_x m_x$) of *Chrysocharis pentheus* at various constant temperatures.

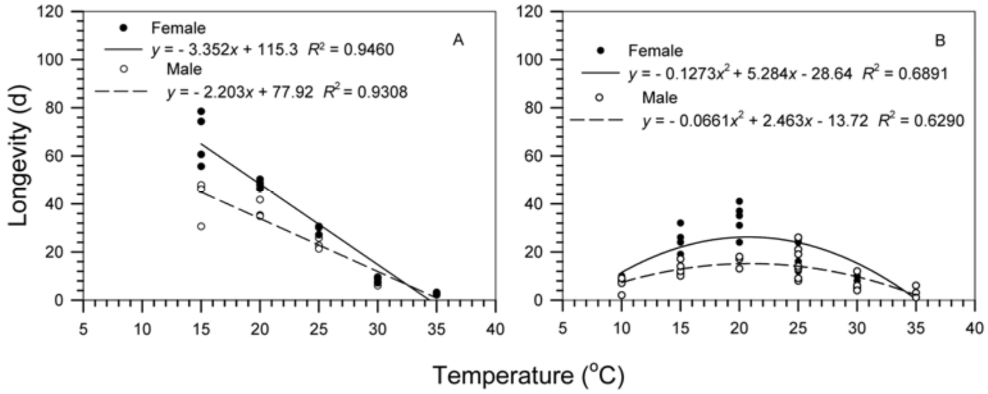
關係，雌、雄蜂壽命之最大估計值，各為20.8℃ 時之 26.2 日與 20.9℃ 時之 15.2日 (圖三 B)。在相同溫度情況下，在僅供應純蜂蜜，或同時供應寄主與純蜂蜜兩處理中，僅 30 與 35℃ 時，不論雌、雄蜂之壽命，兩種食物處理組間皆無顯著差異；而 15、20 及 25℃ 時，不論雌、雄蜂，僅供應純蜂蜜者之壽命，均顯著較同時供應寄主與純蜂蜜者長 (表六)；另在 25℃ 下，雌、雄蜂壽命，均以餵食純蜂蜜者最長，供應寄主與純蜂蜜者其次，僅餵食水或不餵食者最短，處理間呈顯著差異 (表六)。

在 15～35℃ 定溫、每日僅以純蜂蜜餵食，成蜂各日齡存活率，則隨溫度之上升而降低。雌蜂在 15、20 及 25℃ 時，其 51、43 及 20 日齡時之存活率，仍各高達 83.1、81.3 及 76.3%，但在 30 與 35℃ 時，其 7 與 2 日齡時之存活率，卻僅達 57.1 與 64.2%；雄蜂在 15、20 及 25℃ 時，其 34、33 及 20 日齡時之存活率，仍各高達 80.2、78.2 及 79.9%，但在 30 與 35℃ 時，其 6 與 2 日齡時之存活率，卻僅達 50.0 與 55.0% (圖四)。

討論與結論

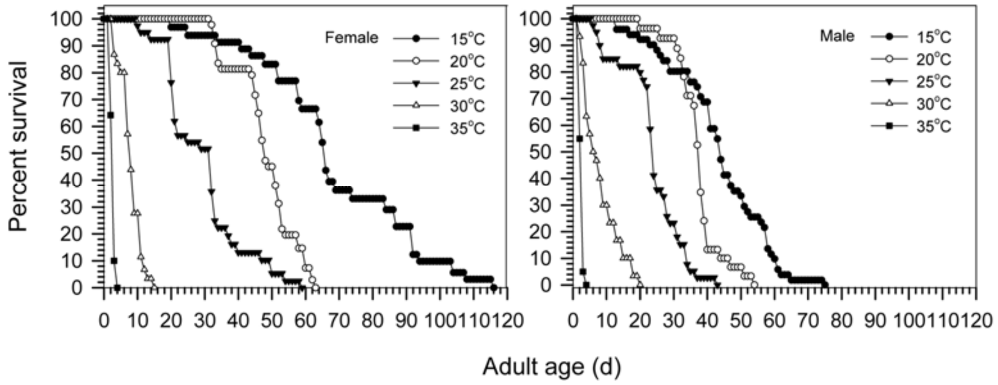
一、地區與寄主對底比斯釉小蜂發育之影響

比較底比斯釉小蜂在日本之毛莨潛葉蠅 (Sugimoto *et al*., 1982)、中國廣東省蔬菜斑潛蠅 (Zhan *et al*., 2002)、及臺灣地區蔬菜斑潛蠅 (表三) 上之發育後，發現該蜂在不同地區與寄主上，臺灣地區者在蔬菜斑潛蠅上，其卵至蛹期之發育臨界低溫與有效積溫，與該蜂在日本地區毛莨潛葉蠅上近似；但其在相同蔬



圖三　供應蜂蜜 (A) 或寄主與蜂蜜 (B) 時底比斯釉小蜂壽命與溫度之關係。

Fig. 3. Relationship between temperature and longevity of *Chrysocharis pentheus* provided with honey (A) or host and honey (B). Regression lines drawn for relationships where $p < 0.01$.



圖四　不同溫度下供應蜂蜜時底比斯釉小蜂成蜂之日存活率。

Fig. 4. Daily survival rates of adult *Chrysocharis pentheus* fed with honey at various constant temperatures.

菜斑潛蠅寄主上，大陸地區該蜂卵、幼蟲及蛹期之發育臨界低溫（各爲 10.06、10.29 及 8.56℃）與有效積溫（各爲 38.35、55.39 及 135.69 日度)，卻與其在臺灣地區者有差距。

二、地區對底比斯釉小蜂族群繁殖之影響

比較底比斯釉小蜂，在臺灣地區與中國廣東省蔬菜斑潛蠅上之族群繁殖後，發現兩地該蜂之淨增殖率有差距。在臺灣地區 15～25℃ 時，該蜂有活力卵之淨增殖率爲 49.6～115.2 粒，30℃ 時降爲 0.630 粒 (表五)，而中國地區在 18～30℃ 時，該蜂卵之淨增殖率不僅偏低，祇爲 26.45～37.12 粒，且在 34℃ 高溫時，其值才降爲 1.31 粒 (Zhan *et al*., 2002)。

三、溫度對底比斯釉小蜂及其寄主發生之影響

Campbell *et al*. (1974) 曾就蚜蟲與其寄生蜂兩者之發育臨界低溫加以比較，認爲寄生

表六　溫度與食物對底比斯釉小蜂壽命之影響

Table 6. The influence of temperature and food on the longevity ($\overline{X}$ ± SEM) of *Chrysocharis pentheus*

Temp. (℃)	Female				Male			
	Honey[1)]	Host + honey[2)]	Water[1)]	Ck (none)[1)]	Honey[1)]	Host + honey[2)]	Water[1)]	Ck (none)[1)]
15	67.3 ± 5.4[3)]Aa	26.6 ± 2.5Bb			43.7 ± 3.3Aa	13.5 ± 1.2Ba		
20	48.3 ± 0.6Ab	33.6 ± 2.9Ba			37.3 ± 2.2Aa	16.0 ± 1.5Ba		
25	29.5 ± 0.8Ac	21.8 ± 1.3Bc	3.9 ± 0.3C	2.8 ± 0.4C	23.9 ± 1.1Ab	15.6 ± 1.9Ba	2.9 ± 0.3C	2.5 ± 0.1C
30	8.0 ± 0.7Ad	7.8 ± 1.1Ad			8.1 ± 1.1Ac	6.2 ± 1.2Ab		
35	2.8 ± 0.2Ad	4.1 ± 0.5Ad			2.6 ± 0.2Ac	3.1 ± 0.5Ab		

1) With ten pair of adults per treatment reared at a given temperature with a photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH. Four to five replicates.

2) One pair of adults was provided daily with 40-50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey and reared at a given temperature with a photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH. Five to eleven replicates.

3) Means within each row followed by the same uppercase letter denote there are no significant differences (p < 0.05, LSD or t test). Means within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different (p < 0.05, LSD).

蜂為適應生存，其發育臨界低溫較寄主高，但這種現象亦影響寄生蜂與寄主之同律性。臺灣地區蔬菜斑潛蠅卵至蛹期之發育臨界低溫與發育有效積溫，各為 11.1℃ 與 236 日度，發育適溫帶為 15～30℃ (Chien and Chang, 2007)。而本試驗結果得知，在蔬菜斑潛蠅上，底比斯釉小蜂卵至蛹期之發育臨界低溫與發育有效積溫，各為 6.4℃ 與 282 日度，發育適溫帶為 10～35℃。相較之下，底比斯釉小蜂卵至蛹期之發育臨界低溫不僅較寄主低，其發育有效積溫較寄主高，同時其發育適溫帶亦較寄主寬，顯示底比斯釉小蜂對溫度之適應範圍較寄主廣。另參照中央氣象局 1897～1997 年間，發布臺北、新竹及臺中地區 12 月至翌年 2 月冬季之月平均最低溫為 11.7～14.3℃，臺南與高雄 6 至 8 月夏季之月平均最高溫各為 32.0～32.6℃ 與 31.3～37.6℃，因而顯見蔬菜斑潛蠅與底比斯釉小蜂，不但均可在臺灣地區終年發生，且兩者間之同律性亦不受當地溫度之影響。

四、底比斯釉小蜂致死寄主能力之估算

底比斯釉小蜂致死寄主之方式，有寄生與取食寄主兩種，為確保試驗值之正確性與操作之方便性，曾建議以寄生蜂蛹數，代表雌蜂對寄主之寄生數；取食寄主數，則由雌蜂對寄主幼蟲之總致死數減去寄生蜂蛹數得知 (Chien and Ku, 2001)。本試驗結果顯示，底比斯釉小蜂在 15～35℃ 下，其卵期或幼蟲期之存活率均高達 97.9% 以上，因此利用上述兩種方法，估計底比斯釉小蜂致死寄主能力甚為可行。同時經由本試驗結果，得知該雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值與溫度有關，在 20 與 25℃ 時為 1.6～2.0，而 15 與 30℃ 時為 0.9～1.0。該值於蔬菜斑潛蠅生物防治時，對底比斯釉小蜂繁殖與釋放量之決定，具相當參考價值。

五、溫度對底比斯釉小蜂致死寄主能力之影響

在定溫情況下，15～25℃ 為底比斯釉小蜂致死蔬菜斑潛蠅之適溫範圍，當每日供應 40～50 隻寄主第三齡幼蟲時，該蜂致死寄主總數為 346～446 隻，但在 10、30 及

35℃，即不利該蜂對寄主之致死力，彼等溫度下雌蜂致死寄主數各銳減爲 0、8 及 1 隻。在非定溫情況下，將 25℃ 定溫下發育之成蜂，分別移至 30 與 35℃，該蜂一生致死寄主總數增爲 354 與 55 隻。顯示固定之 10℃ 低溫或 30～35℃ 高溫，均不適底比斯釉小蜂對寄主之致死力，但若將 25℃ 下繁殖之底比斯釉小蜂移至 30℃ 時，卻可發揮其對寄主之高致死力。其間之差異，或可推論 30℃ 高溫對底比斯釉小蜂致死寄主能力之影響，並非在雌蜂其寄生或取食寄主之行爲，但是否影響該蜂未成熟期卵巢之發育，尚待進一步試驗。不過此項特質，對於底比斯釉小蜂在溫室或網室高溫下，以生物藥劑釋放方式，防治蔬菜斑潛蠅時，仍有利用之處。至於晝夜變溫，對底比斯釉小蜂活動、生殖及致死寄主能力之影響，仍待觀察。

六、溫度對底比斯釉小蜂族群增長與抑制寄主族群能力之影響

一般生物防治時，寄生蜂之內在增殖率常被要求需較寄主高或相當，可是當寄生蜂之內在增殖率雖較寄主低，但其另具取食寄主或殘害寄主 (host mutilation) 之能力時，仍可視爲好的生物防治因子 (Huffaker *et al*., 1977)。蔬菜斑潛蠅族群之增長，在 15～30℃ 時係隨溫度之上升而增加，其每日內在增殖率在 15、20、25 及 30℃ 時，各爲 0.0162、0.1163、0.1624 及 0.2358 (Chien and Chang, 2007)。本試驗結果得知，底比斯釉小蜂每日內在增殖率，在 15、20、25 及 30℃ 時，各爲 0.0708、0.1285、0.2117 及 -0.0260，其值與寄主之每日內在增殖率相較，除在 30℃ 外均較寄主爲高；且該蜂致死寄主方式除寄生外，尚有取食寄主一項，雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比值，在 20～25℃ 時爲 1.6～2.0，15 與 30℃ 時各爲 1.0 與 0.9。因而不論，自害蟲與寄生蜂間之族群增長、或寄生蜂抑制寄主能力，均顯示底比斯釉小蜂在 15～25℃ 時，確對寄主族群具強勢之抑制力，且爲蔬菜斑潛蠅之有效寄生蜂。

七、溫度與食物對成蜂壽命之影響

寄生性膜翅目成蜂之食物，可分寄主性食物 (host food) 與非寄主性食物 (non-host food) 兩大類；前者主要係寄主體液，爲寄生蜂卵形成時所必需之營養 (Leius, 1961a, b; Wylie, 1962; Clark, 1963)；而後者則多屬醣類食物，爲寄生蜂活動、維生所必需之養分 (Jervis and Kidd, 1986)。本試驗結果得知，底比斯釉小蜂壽命除受溫度影響外，亦受其寄主體液與蜂蜜之影響。在 25℃ 定溫，僅餵水或不餵食時，底比斯釉小蜂壽命甚短，僅爲 2.9～3.9 日；但在 15～25℃ 時，確可因純蜂蜜之供食與無產卵活動能量之消耗，使得僅供食純蜂蜜者之雌、雄蜂壽命，較同時供應寄主與純蜂蜜者，各延長 1.4～2.5 與 1.5～3.2 倍；但在 30 與 35℃ 高温時，該蜂幾乎已不再產卵，因此在無產卵活動能量消耗下，同時供應寄主與純蜂蜜之雌、雄蜂壽命，與僅餵食純蜂蜜者間無顯著差異。因此建議當底比斯釉小蜂成蜂貯存、繁殖及田間應用時，均可考慮以純蜂蜜供食，除可直接延長成蜂壽命外，間接亦促進其族群增長與增強其致死寄主能力。

八、底比斯釉小蜂大量繁殖時之條件

進行害蟲生物防治時，爲提供適時、適量之寄生蜂，因而寄生蜂之大量繁殖與貯存技術，即成爲害蟲生物防治中必備之條件。有關底比斯釉小蜂之接蜂方法、寄主植物、對寄主齡期偏好性及生活史等已有報導 (Chien and

Ku, 2001; Chien and Chang, 2008)。本試驗結果得知，25℃ 爲底比斯釉小蜂族群增長最快與最適溫度。至於底比斯釉小蜂貯存技術之開發，本試驗初步結果，僅知雌蜂在 15℃ 下餵食純蜂蜜，其壽命可顯著延長達 67.3 日，至於該蜂最適之貯存蟲期、溫度、期限及該蜂在貯存時是否具有控制卵巢發育之機制等，仍待探討。

引用文獻

Adachi, I. 1998. Hymenopterous parasitoids of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Lyonetiidae). Appl. Entomol. Zool. 33: 299-304.

Arakakim, N., and K. Kinjo. 1998. Notes on the parasitoid fauna of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Okinawa, southern Japan. Appl. Entomol. Zool. 33: 577-581.

Cai, D. C., L. S. Cheng, J. X. Chen, and S. P. Liu. 2005. Parasitoids and evaluation of their population control on the vegetable leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) in Hainan. Chinese J. Trop. Crops 26: 76-80. (in Chinese)

Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierrez, and M. Mackauer. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. J. Appl. Ecol. 11: 431-438.

Chien, C. C., and S. C. Chang. 2007. Morphology, life history and life table of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 27: 207-227. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Chang. 2008. Morphology and life history of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28: 159-183. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Ku. 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. Jour. Agric. Res. China 45: 69-88. (in Chinese)

Chien, C. C., and S. C. Ku. 2001. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21: 89-97. (in Chinese)

Clark, A. M. 1963. The influence of diet upon the adult life span of two species of *Bracon*. Ann. Entomol. Soc. Am. 56: 616-619.

Goodman, D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. Am. Nat. 119: 803-823.

Hondo, T., A. Koike, and T. Sugimoto. 2006. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. Appl. Entomol. Zool. 41: 73-82.

Huffaker, C. B., R. F. Luck, and P. S. Messenger. 1977. The ecological basis of biological control, pp. 560-586. *In*:

D. White, ed. Proceedings of XV international congress of entomology. Entomological Society of America, College Park, Maryland.

Ikeda, E. 1996. Revision of the Japanese species of *Chrysocharis* (Hymenoptera, Eulophidae), II. Jap. J. Entomol. 64: 275-287.

Jervis, M. A., and N. A. C. Kidd. 1986. Host-feeding strategies in Hymenoptera parasitoids. Biol. Rev. 61: 395-434.

Kato, M. 1984. Mining pattern of the honeysuckle leaf-miner *Phytomyza lonicerae*. Res. Popul. Ecol. 26: 84-96.

Leius, K. 1961a. Influence of food on fecundity and longevity of adults of *Itoplectis conquisitor* (Say) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol. 93: 771-780.

Leius, K. 1961b. Influence of various foods on fecundity and longevity of adults of *Scambus buolicnce* (Htg.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol. 93: 1079-1084.

Liang, G., G. Zhan, and L. Zeng. 2001. Controlling effect of parasitoids on population of vegetable leaf miner *Liriomyza sativae* Blanchard. Chinese J. Appl. Ecol. 12: 257-260. (in Chinese)

Mafi, S. A., and N. Ohbayashi. 2004. Seasonal prevalence of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoids in controlled and uncontrolled *Citrus iyo* groves in Ehime Prefecture, Japan. Appl. Entomol. Zool. 39: 597-601.

Mafi, S. A., and N. Ohbayashi. 2006. Toxicity of insecticides to the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, and its parasitoids, *Chrysocharis pentheus* and *Sympiesis striatipes* (Hymenoptera: Eulophidae). Appl. Entomol. Zool. 41: 33-39.

Ren, L. Y., L. Zeng, Y. Y. Lu, and W. Q. Zhang. 2006. Species and effect of plant extracts on parasitic bees of *Liriomyza sativae* Blanchard. J. Guangxi Agri. Biol. Sci. 25: 239-242. (in Chinese)

Sugimoto, T., and I. Masaki. 1979. Mortality of a ranunculus leaf mining fly, *Phytomyza ranunculi* (Diptera: Agromyzidae), due to parasitization and host-feeding by its eulophid parasite, *Chrysocharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae). Appl. Entomol. Zool. 14: 410-418.

Sugimoto, T., I. Yasuda, M. Ono, and S. Matsunaga. 1982. Occurrence of a ranunculus leaf-mining fly, *Phytomyza ranunculi* and its eulophid parasitoids from fall to summer in the low land. Appl. Entomol. Zool. 17: 139-143.

Togashi, I. 1988. Hymenopterous parasitoids reared from larvae of *Lyonetia clerkella* Linnaeus, a leaf mining moth on peach. Akitu. 93: 6.

Wylie, H. G. 1962. An effect of host age on female longevity and fecundity in *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae). Can.

Entomol. 94: 990-993.

Zeng, L., J. J. Wu, and W. Q. Zhang. 1999. Preliminary studies on the parasitoids of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) in Guangdong. Natural Enemies of Insects 21: 113-116. (in Chinese)

Zhan, G. X., G. W. Liang, and L. Zeng. 2002. Effects of temperature on *Chrysocharis pentheus* of vegetable leafminer. J. South China Agri. Univ. 23(4): 15-17. (in Chinese)

Zhao, Y., Z. H. Li, W. A. Xu, and X. Y. Li. 2003. Endoparasitoids of *Liriomyza sativae* investment and its biology. J. Shandong Agri. Univ. 34: 24-28. (in Chinese)

收件日期：2008 年 11 月 1 日
接受日期：2009 年 2 月 3 日

Influence of Temperature on the Population Increase and Host-killing Capability of *Chrysocharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae)

Ching-Chin Chien[1]* and Shu-Chen Chang[1]

[1] Division of Applied Zoology, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan

ABSTRACT

Chrysocharis pentheus (Walker) is one of the dominant species in the parasitoid complex of *Liriomyza sativae* Blanchard in Taiwan. In an attempt to understand the availability of biological control by using *C. pentheus*, we investigated the influence of temperature (10-35°C at 5°C intervals) on both the population increase and host-killing capability of this wasp. The results of our investigation showed that this wasp completed its development within the temperature range of 10 and 35°C, and the survival rate and development period from egg to pupal stage was 46.1-95.5% and 10.7-74.9 days, respectively. The lower developmental threshold estimated was 6.4°C from egg to pupal stage. *C. pentheus* requires 25, 78, 9, 178, and 282°C-days, respectively, to complete egg, larval, prepupal, pupal, and egg to pupal stages. When 40-50 third instars of *L. sativae* were provided daily for a pair of *C. pentheus*, the total number of hosts killed were 0, 346-446, 8, and 1 at 10, 15-25, 30 and 35°C, respectively. However, with wasps reared at 25°C during the immature stages and later transferred to 30 or 35°C after emergence, the total number of hosts killed by parasitism and feeding were 354 and 55, respectively. At 25°C, the intrinsic rate of increase (r_m) and the net reproductive rate (R_o) was 0.2117/day and 115.2 viable female eggs per female, respectively. When adults were fed daily with pure honey only within 15 and 35°C, a linear relationship between temperature and the longevity was found for both female and male wasps. The estimated maximum longevity of the female and male wasps was 65.0 and 44.9 days at 15°C, respectively. For those wasps provided with hosts and pure honey between 10 and 35°C, a parabolic relationship was shown to exist between the temperature and the longevity of both female and male wasps. The estimated maximum longevity of both female and male wasps was 26.2 days at 20.8°C and 15.2 days at 20.9°C, respectively.

Key words: *Chrysocharis pentheus*, *Liriomyza sativae*, temperature, population increase, host-killing capability

*Correspondence address
e-mail: chien@tari.gov.tw